



TITLE:

真空圧密工法と盛土載荷を併用した地盤の力学挙動の解明(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

白神, 新一郎

CITATION:

白神, 新一郎. 真空圧密工法と盛土載荷を併用した地盤の力学挙動の解明. 京都大学, 2018, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2018-09-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21354>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	白神 新一郎
論文題目	真空圧密工法と盛土載荷を併用した地盤の力学挙動の解明		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、真空圧密工法と盛土載荷を併用した地盤の力学挙動を解明し、これを反映した設計手法を提案することを目的に、遠心模型実験と数値解析を実施したものであり、7章から構成されている。</p> <p>第1章では、本論文の背景と目的について記述した。まず真空圧密工法に関する近年の動向として、工法を適用する目的や設計手法、研究状況について説明し、このような背景を踏まえた本論文の目的と構成を記述している。</p> <p>第2章では、真空圧密工法の概要として、工法の原理、歴史、現行の設計・施工方法について述べるとともに、既往の研究を整理して本研究で取り組むべき課題をまとめた。本研究で取り組む課題は、①圧密過程におけるドレーン周りの応力状態を明らかにし、真空圧密による盛土載荷時の間隙水圧の抑制効果を把握する、②盛土載荷前に設ける真空圧密の先行期間と盛土の施工速度に関する効率的な設定方法を提案する、である。</p> <p>第3章では、圧密過程における間隙水圧の挙動を把握することを目的に実施した、遠心模型実験について記述した。実験はドレーン1本による改良効果に着目するため、1本に対して改良面積の大きい条件下で実施し、地盤底部の間隙水圧および鉛直土圧を計測した。実験における真空圧密工法の模擬は、小孔を設けたアルミパイプを不織布で覆い、これを土槽の中央に設置して脱気ポンプで減圧することで行った。また、盛土載荷の模擬は、ステンレス製の載荷板の底部に地盤との緩衝材としてNRスポンジゴムを張り付け、これにエアシリンダーで遠心載荷中に荷重を制御しながら伝達することで行った。実験ケースは、盛土載荷を単独で行うケース、真空圧密を先行させた後に盛土載荷を行うケース、真空圧密と盛土載荷を同時に開始するケースの3ケースとした。</p> <p>実験の結果、ドレーンに近いほど作用負圧の伝播量が大きく、盛土載荷時の間隙水圧の増加が抑制されることが明らかになった。</p> <p>第4章では、3次元の土-水連成解析による遠心模型実験の再現解析について記述した。解析には弾塑性有限解析コードDBLEAVESを用い、地盤のモデル化はsubloading t_{ij} modelで行った。解析コードには、新たに透水係数の間隙比依存性を組み込んだ。真空圧密の再現はドレーンの周面に当たる境界を排水境界にして負圧を設定することで行い、盛土載荷の再現は解析メッシュの上部に等分布荷重を与えることで行った。解析の結果、遠心模型実験における間隙水圧の挙動を概ね再現できており、解析手法が妥当であることが確認された。</p> <p>次に、解析結果からドレーン周りの応力分布や地盤挙動を検証した。有効応力については、間隙水圧の挙動に対応していることが確認された。またドレーン近傍では、鉛直有効応力の増加量が圧密圧力より大きくなることが確認された。既往の研究において、ドレーン近傍では圧密が急速に進行して剛性が増加することで応力集中が発生することが明らかにされており、本解析においてもこれが再現された。また、間隙比は各圧密段階においてドレーンに近いほど小さくなる一方、沈下量は圧密初期ではドレーンに近いほど大きい、圧密の進行に伴いドレーンより遠い範囲のほうが大きくなることが明らかになった。既往の研究でも実験と解析の双方から同様の傾向が確認されており、本解析においてもこれが再現されたことを確認した。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	白神 新一郎
<p>最後に、真空圧密の先行期間を設けた場合と設けない場合の力学挙動を比較した。その結果、先行期間が十分でない場合、ドレーンから離れた範囲まで負圧が伝播せずに剛性が初期のままの範囲が残り、盛土載荷時の圧密の進行は剛性が初期のままの範囲からドレーン近傍に向かって水が流入するため、先行期間による地盤の安定効果が発揮されない可能性があることが明らかになった。</p> <p>第5章では、ドレーンの打設間隔がドレーン周りの応力状態に及ぼす影響と、真空圧密と盛土載荷の相互作用による間隙水圧の挙動を明らかにすることを目的に実施した、パラメトリック解析について記述した。まず、ドレーンの打設間隔に関する解析を行った。その結果、真空圧密の先行期間による地盤の安定効果を十分に発揮し得るドレーンの打設間隔は、粘土の圧密係数に応じて異なることが明らかになった。</p> <p>次に、圧密圧力の作用形式に関する解析を行い、真空圧密を単独で実施した場合と盛土載荷を単独で実施した場合の圧密過程における応力状態を比較した。その結果、真空圧密と盛土載荷で圧密過程の各種応力状態は一致し、これらの圧密挙動は同様になることが明らかになった。</p> <p>最後に、真空圧密の先行期間と盛土の施工速度に関する解析を行った。その結果、真空圧密の先行期間を長くするほど、その間の間隙水圧の低下量は大きくなるが、その後の盛土載荷による間隙水圧の増加量も大きくなり、先行期間による間隙水圧の抑制効果は先行期間の水圧の低下量に対して小さくなることが明らかになった。また、盛土速度を小さくすると盛土載荷で発生する間隙水圧の最大値が小さくなることが明らかになった。</p> <p>以上の結果より、真空圧密の先行期間により地盤強度の増加を得る必要がない場合、先行期間を設けずに、その期間も盛土載荷期間として盛土速度を小さくすることが、真空圧密による地盤の安定効果が最も発揮される載荷方法であることが示された。</p> <p>第6章では、本研究で用いた解析手法の実工事における適用性を検証するために実施した再現解析と、真空圧密と盛土載荷の相互作用による地盤の力学挙動を検証するために実施したパラメトリック解析について記述した。再現解析では、実工事で観測された層別沈下量と間隙水圧の経時変化について解析結果との比較を行った。その結果、解析値と観測値は概ね同様の傾向を示し、本解析手法の妥当性が確認された。</p> <p>次に、真空圧密の先行期間と盛土の施工速度に関するパラメトリック解析を実施した。着目するのは、地表面の沈下形状および盛土法尻部の地中変位と、盛土中央部、法肩部、法尻部の各層における間隙水圧および応力経路とした。その結果、真空圧密の先行期間を設けて盛土速度を大きくすることよりも、先行期間を設けずに盛土速度を小さくすることのほうが地盤の安定効果が効率的に得られることが明らかになった。この要因は、真空圧密の先行期間における地盤の透水性の低下と、ドレーンと地盤の圧力差（動水勾配）の低下であるものと考えられる。一方、改良域周辺地盤の変状については、真空圧密の先行期間が大きいほど抑制されることを明らかにした。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、まず初めに真空圧密工法と盛土載荷を併用した軟弱地盤の基礎的な力学挙動を、遠心模型実験とパラメトリックスタディを含む数値解析で解明した。次に実現場の数値解析により実挙動を説明した。最後に、力学挙動を反映した設計手法を提案した。本研究において得られた主な結論を以下に示す。

- 1) 真空圧密による地盤への負圧の伝播量はドレーンに近いほど大きい。また、盛土載荷による間隙水圧の増加量はドレーンに近いほど抑制される。
- 2) ドレーン 1 本に対して改良面積が大きい条件下では、盛土載荷前に真空圧密の先行期間を設けるケースと設けないケースで盛土載荷中のドレーン周りの応力分布や剛性の差は次第に小さくなり、先行期間による盛土載荷時の安定効果が明確に発揮されない。これは先行期間でドレーン近傍とドレーンから離れた範囲で剛性差が発生し、盛土載荷中に剛性が初期のままであるドレーンから離れた範囲から、ドレーン近傍に向かって水が流入することによるものである。
- 3) 真空圧密の先行期間による地盤の安定効果を十分に発揮し得るドレーンの打設間隔は、粘土の圧密係数に応じて異なり、粘土の透水係数に対してドレーンの打設間隔が大きいと地盤の安定効果が得られない場合がある。よって盛土載荷前に真空圧密の先行期間を設けて地盤強度の増加を得る必要がある場合、ドレーンの打設間隔は、粘土の圧密係数に応じて設定する必要がある。
- 4) 真空圧密の先行期間により地盤強度の増加を得る必要がない場合、真空圧密の先行期間を設けずに盛土の施工速度を小さくすることが、地盤の安定効果と圧密期間の短縮効果を得る上で最も効率的である。一方、真空圧密の先行期間を設けると、改良域周辺地盤の変位を抑制できる。よって設計における真空圧密の先行期間の有無の判断は、盛土載荷時の地盤の安定と改良域周辺地盤の変位抑制の必要性から行うことが合理的である。

以上、本論文は、真空圧密工法と盛土載荷を併用した地盤の力学挙動を明らかにするとともに設計手法を提案し、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年8月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

